

難削材加工用新材種「エースコート® AC510U/AC520U」の開発

柴田 彰彦*・福井 治世・津田 圭一

Development of 'ACE-COAT® AC510U/AC520U' for Exotic Material Machining — by Akihiko Shibata, Haruyo Fukui and Keiichi Tsuda — The application of exotic materials like titanium alloy and heat resistant superalloy is increasing more and more, especially in the aircraft industry. Such exotic materials are difficult to machine because of their good mechanical properties and high temperature during machining. Newly developed AC510U and AC520U are high-toughness carbide grades with "Super ZX Coat®", an exclusive physical vapor deposition (PVD) coating. Super ZX Coat® is super-multi layered coating consisting of nanometer-thin layers of TiAlN and AlCrN alternately stacked up to 1,000 layers. Its hardness is improved 40%, and the oxidation temperature is 200°C higher as compared with conventional coating. And also the chipping resistance is improved by controlling its residual stress. Therefore, AC510U and AC520U show superior wear and thermal resistance in exotic material machining, and provide longer tool life and higher productivity.

1. 緒言

2000年以降、航空機産業は需要が落ち込み低迷が続いていたが、ボーイングとエアバスの大手民間航空機メーカー2社から、それぞれB787、A380という新型機体の導入が発表されたことにより、2005年を境に急激に受注環境が好転し、現在、過去に例を見ないほどの活況を呈している。

航空機にはチタン合金や耐熱合金と言ったいわゆる「難削材」が数多く使用されているが、一般的に切削加工において難削材と定義される材料は優れた機械的特性や熱的特性を持った材料である反面、切削環境から見た場合、

- ①熱伝導性が悪く、切削中の温度が高い
- ②加工硬化層が生じやすい
- ③切削工具との反応性（親和性）が高い

など、切削工具にとって非常に過酷な使用環境であると言える⁽¹⁾。これらのことから考えると難削材加工では切削熱の発生を抑制することが重要であり、低速、低送り、ウェット加工が一般的である。

受注の好転により、こうした難削材の加工は今後一層の増加が見込まれており、難削材加工用の切削工具に対する安定長寿命化や、生産リードタイム短縮のために高能率加工化の要求が益々高まっている。

本稿では、そのような市場のニーズに対応するべく開発した難削材加工用新材種 AC510U/AC520U の特長および加工事例に関して報告する。

2. スーパーZXコート®の特長

AC510U/AC520Uには、当社独自の最新PVD（Physical Vapor Deposition：物理的蒸着法）コーティングである

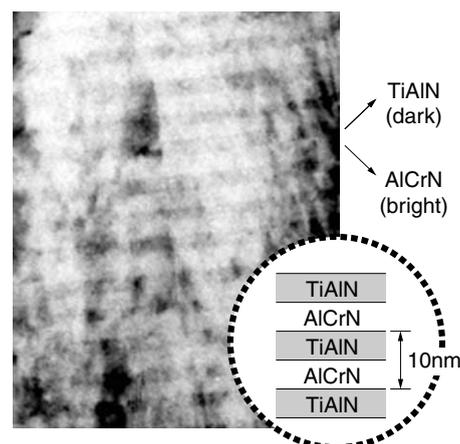


図1 スーパーZXコート®の膜構造（断面TEM写真）

「スーパーZXコート®」を適用した⁽²⁾。

図1に示すように「スーパーZXコート®」は、一層の膜厚がナノメートル台（1ナノメートルは10億分の1メートル）のTiAlNとAlCrNの超薄膜を交互に約1000層積層した超多層膜であり、従来コートと比較してアルミニウムの

表1 スーパーZXコート®の特性

膜種	ナノインデンテーション硬さ	完全酸化温度	平均残留圧縮応力
従来コート	40GPa	950℃	0.7GPa
スーパーZXコート®	56GPa	1150℃	1.9GPa

添加量を増加、最適化することで膜硬度を40%向上させ、加えて新たにクロムを添加することで耐酸化性を200℃向上させた、耐摩耗性と耐熱性を兼ね備えたコーティングである(表1)。

図2にスーパーZXコート®と従来コートの熱重量測定結果を示す。サンプルとしてPt基板上に3μmのコーティングを施したものをを用い、大気中での昇温過程の重量変化を測定した。この結果から明らかなように従来コートでは約850℃で酸化が開始し950℃で膜が完全に酸化してしまうのに対し、スーパーZXコート®では約960℃から酸化が開始し、しかもその後の酸化スピードは従来コートに比べて遅く、完全酸化の温度は従来コートより200℃高い1150℃であった。

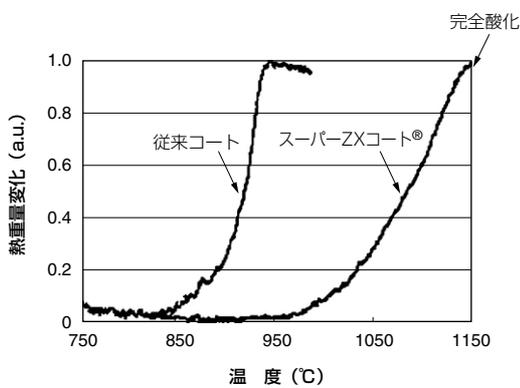


図2 熱重量測定 (TG-DTA) 結果

図3に光加熱式サーモリフレクタンス法による熱浸透率測定結果を示す。熱浸透率とは熱伝導率との相関が強い特性で、一般に熱浸透率の小さい材料は熱伝導率が小さいと言える。この結果からわかるように、スーパーZXコート®は従来コートに比べて熱浸透率が小さく、すなわち熱伝導

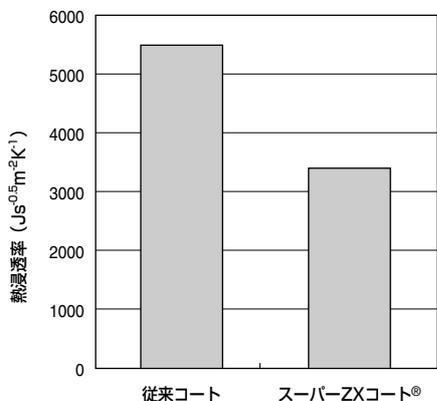


図3 サーモリフレクタンス法による熱浸透率測定結果

率が小さいと考えられ、熱遮断性能に優れるコーティングであると言える。

また膜の耐チップング性向上に膜中の圧縮残留応力制御が有効であることを見出し、膜の成長に合わせてコーティング条件を最適化することで、図4に示すように膜中の圧縮残留応力が超硬基材から最表面に向かって傾斜的に大きくなるような分布とした結果、膜の耐剥離性を損なうことなく、耐チップング性(膜強度)を向上させることにも成功した。

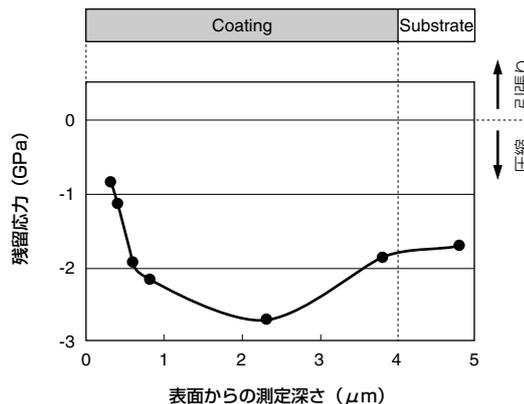


図4 膜厚方向の残留応力測定結果

3. AC510U/AC520Uの特長

専用の強靱超硬合金にこのコーティングを施したAC510U/AC520Uは、従来材種と比較して耐摩耗性、耐熱性のみならず、耐欠損性にも優れるため、難削材加工で問題となる、非常に高い切削熱による局所的な摩耗やそれに起因する突発的な欠損、ならびに加工硬化層による境界損傷や欠損を大幅に抑制でき、安定長寿命化、及び高能率加工化といった市場からの要望に応えることが可能な材種である。

加工内容	仕上切削	中切削	粗切削
推奨条件 切削速度vc (m/min) 送りf (mm/rev)	vc=50-80 f=0.1-0.2	vc=40-70 f=0.15-0.3	vc=30-60 f=0.2-0.35
材種	<div style="text-align: center;"> </div>		

図5 AC510U、AC520U適用領域と推奨切削条件

図5にAC510U/AC520Uの適用領域と推奨切削条件を示す。汎用材種であるAC510Uは粗加工から仕上げ加工までの幅広い加工領域で優れた切削性能を発揮する。一方AC520Uは強度重視の材種であるので、強断続加工や切り込みの変動しやすい黒皮加工など、特に刃先の強度が求められる加工に適する。

4. AC510U/AC520Uの加工事例

図6にチタン合金（Ti-6Al-4V材）の旋削加工におけるAC510Uの加工事例を示す。従来PVD材種が切削時間10分を超えた段階で摩耗の進展から欠損に至っているのに対し、AC510Uは20分まで切削しても摩耗が小さく、安定した加工が可能であった。

図7にインコネル718の旋削加工におけるAC510Uの加工事例を示す。他社PVD材種が切削時間7分で境界損傷、及びクレーター摩耗の進展により寿命に至っているの対

し、AC510Uは他社材種の2倍以上の加工時間にも関わらず境界部の損傷、クレーター摩耗とも抑制できており、安定長寿命化が達成できた。

図8に鉄系耐熱合金の粗加工におけるAC510Uの加工事例を示す。同数加工後の刃先損傷を比較すると、他社品には難削材加工特有の境界損傷が生じているが、AC510Uには境界損傷が発生しておらず、寿命延長が可能な結果であった。

図9にインコネル718の高速加工におけるAC510Uの加工事例を示す。従来切削速度50m/minで加工していたワークを2倍の100m/minで加工したところ、他社品は刃先に大規模な欠損が発生し、寿命が1/3に低下したが、AC510Uは高速加工でも従来同様3個まで安定して加工でき高能率化が達成できた。

図10にインコネル718の粗加工におけるAC520Uの加工事例を示す。同数加工後の刃先損傷を比較すると、他社

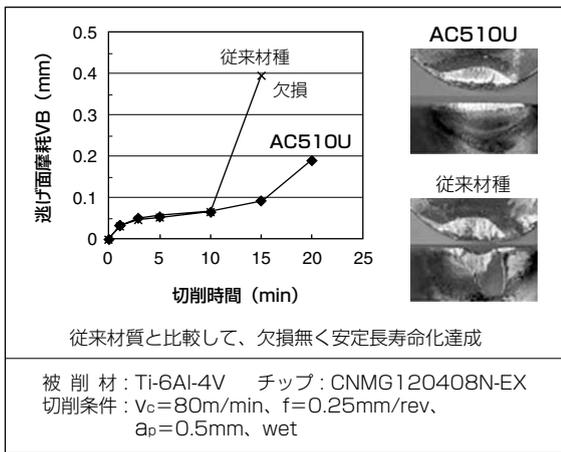


図6 AC510U加工事例 (Ti-6Al-4V材加工)

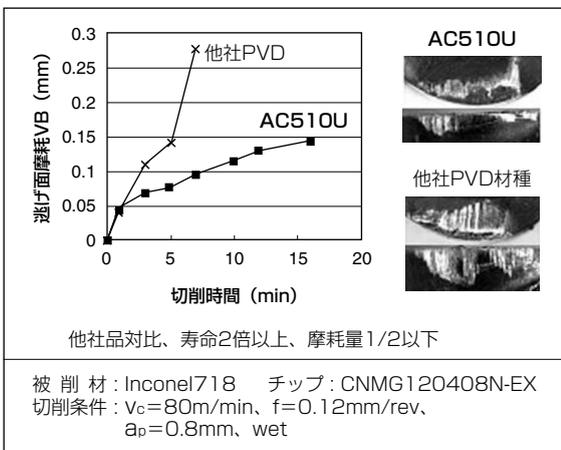


図7 AC510U加工事例 (Inconel718加工)

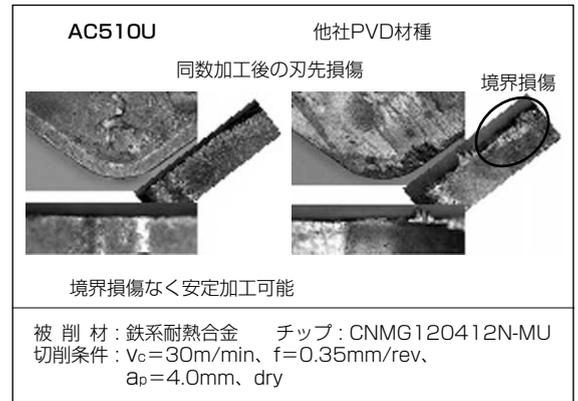


図8 AC510U加工事例 (鉄系耐熱合金粗加工)

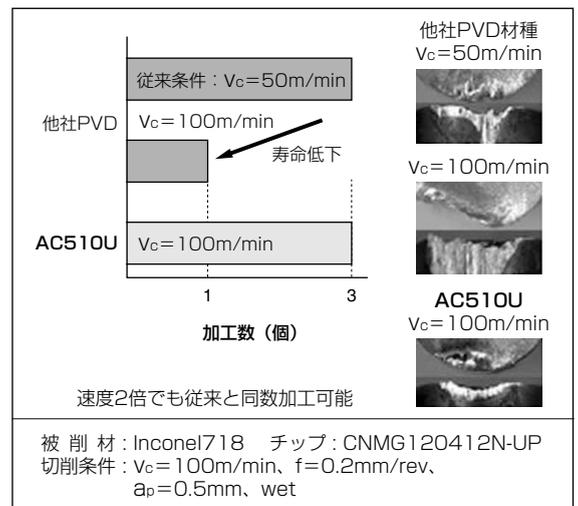


図9 AC510U加工事例 (Inconel718高速加工)

品は逃げ面摩耗、クレーター摩耗とも大きく進展しているのに対し、AC520Uはいずれの摩耗も抑制できており、寿命延長が可能な結果であった。

図11に、鉄系耐熱合金の強断続加工におけるAC520Uの加工事例を示す。他社品は摩耗の進展から加工数2個の時点で欠損を生じているのに対し、AC520Uは他社品の2倍の個数まで加工が可能であった。またその時点のAC520Uの摩耗は小さく安定しており、更なる寿命延長が期待できる結果であった。

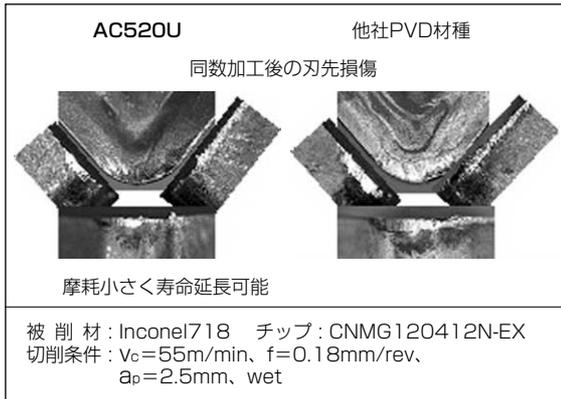


図10 AC520U加工事例 (Inconel718粗加工)

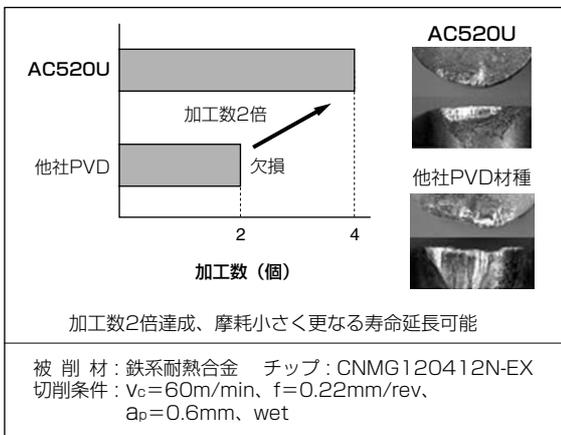


図11 AC520U加工事例 (鉄系耐熱合金強断続加工)

5. 結 言

難削材加工用新材種「AC510U/AC520U」の特長と加工事例について報告した。

難削材は航空機産業のみならず、今後自動車産業や石油産業等でも使用比率増加が見込まれる材料であり、本材種の特長を活かした安定長寿命化や高能率化により、工具費の低減、加工時間の短縮による製造コストの削減や環境負荷軽減に貢献できると考える。

参 考 文 献

- (1) 狩野勝吉、「難削材・先端材料の切削加工技術」、機械と工具 (2007年9月) P.10-20
- (2) 福井治世他、「TiAlN/AlCrN 超多層膜スーパーZX コートの開発と切削工具への応用」、SEIテクニカルレビュー、第169号 (2006年7月) P.60-64
- (3) 柴田彰彦、「難削材加工用新材種エースコートAC510U/AC520U」、機械技術、2007年12月号、P.145

執 筆 者

柴田 彰彦*: 住友電工ハードメタル(株) 材料開発部 主査

福井 治世 : 住友電工ハードメタル(株) 材料開発部 主席

津田 圭一 : 住友電工ハードメタル(株) 材料開発部 グループ長

*主執筆者